

無機化学Ⅱ 2019年度期末試験（1枚目31点，2枚目28点，3枚目31点，計90点満点。ボーナス含めると最大98点まで可能）

※紙媒体の資料を見たり，関数電卓などの計算機を使用したりしても構わない。ただし，通信機能のある機器類（携帯電話，パソコン等）の使用は禁止する。

1. 酸素を含む化合物に過酸化水素（H-O-O-H）がある。この分子に関し，以下の問いに答えよ。（計11点）

(1) 過酸化水素がどのような構造（直線，折れ線等）になっているのかVSEPR則より予測し答えるとともに，Oがどの混成軌道になっているのか答えよ（両方あっていて4点）。

(2) 「H<sub>2</sub>分子が1 mol と O<sub>2</sub>分子が1 mol」の状態と，「過酸化水素1 mol」となっている状態を比較すると，どちらがどの程度エネルギーが低いか（=安定か）を平均結合エンタルピーから計算して答えよ。平均結合エンタルピーとしては教科書の値を用いること（第4版なら59ページ，第6版なら67ページ。（4点）

(3) 結合エンタルピーのデータからもわかるように，O-O単結合はかなり弱い。同じ理由で弱くなっている結合を含む分子を一つ挙げよ。（3点）

2. ある電子を引き抜くのに必要なエネルギー $E$ が，その電子に対する有効核電荷を $Z_{\text{eff}}$ ，その電子の主量子数を $n$ としたとき， $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ で近似できるものとする（ $E_0$ はある正の定数）。この近似式を用いて，以下の問いに答えよ。（各5点，計10点）

(1) Mg原子を+1 → +2価にするのに比べると，+2 → +3価にはしにくい事を示せ。

(2) Cl原子の-2価はかなり不安定である事を上記の近似式を用いて示せ。

3. 貴ガス元素に関する以下の問いに答えよ。ただし，「閉殻だから」とか「閉殻で安定だから」というのは何の説明にもなっていないので回答として認めない。（各5点，計10点）

(1) 同じ周期の元素と比べ，貴ガス元素は陽イオンになりにくい。この原因を説明せよ。

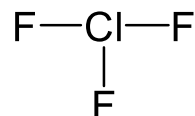
(2) 貴ガス元素は陰イオンになりにくい。この原因を説明せよ。

4. 金属元素と非金属元素に関する以下の問いに答えよ。(各4点, 計8点)

- (1) 周期表の左右で比べると左側が金属になりやすい。この原因を簡単に説明せよ。
- (2) 周期表の上下で比べると下側が金属になりやすい。この原因を簡単に説明せよ。

5. ハロゲン元素の化合物である三フッ化塩素 (ClF<sub>3</sub>) に関し, 以下の問いに答えよ。(各4点, 計12点)

- (1) ClF<sub>3</sub>分子(右図)に非共有電子対を全て書き込め。ただし, Cl原子は8電子則を満たさないとして良い。



- (2) この分子の立体構造がどのようなものなのかを, VSEPR則から予想せよ。非共有電子対は反発が強いことを忘れないように!なお, 結合や非共有電子対の間の角度が90度かそれ以下になると反発が非常に大きくなると考えてよい。
- (3) 立体構造をもとに, Clがどのような混成軌道となっているのかを予想せよ。

6. 次の(a)~(c)の3つの問いの中から一つを選び回答せよ。どれを選んだのかわかるようにすること。(8点)

※余裕があれば, 複数回答しても良い。その場合ボーナスとして, 2つ正解で合計12点(通常+4点), 3つ正解で合計16点(通常+8点)を与える。

- (a) 貴ガス元素でも周期表の下の方にある元素はそこそこ反応性があり, 例えばXeの化合物は多数知られている。ところが, Xeよりも周期表で下にあるRnの化合物に関してはほとんど研究が進んでいない。この理由を説明せよ。
- (b) 火山性の酸性土壌では, 土に含まれるリン(P)のうち植物が利用できるものが少なくなるため, 肥料などとしてPを加えることが重要となる。なぜ酸性土壌ではPが利用しにくくなるのかを説明せよ。
- (c) 高純度のSiは電気を流しにくいですが, そこに少量のヒ素(As)が混入していると急激に電気が流れやすくなる。この理由を説明せよ。

7. 元素の反応性に関する以下の問いに答えよ (各 5 点, 計 10 点).

(1) アルカリ金属である Li, Na, K, Rb, Cs の単体を, 水との反応性が激しい順 (より激しい方が左側) に並べ, そのような順序になる原因を説明せよ.

(2) ハロゲン元素の単体である  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$  をアルミニウムとの反応性が激しい順 (より激しい方が左側) に並べ, そのような順序になる原因を説明せよ.

8. 酸素の同素体として, 酸素分子 ( $O=O$ ), オゾン ( $O=O=O$ ), 鎖状構造 ( $-O-O-$ ) の 3 つを考える. 3 mol の酸素原子がこれら 3 つの構造をとった時の結合エネルギーをそれぞれ計算し答えるとともに, どの構造の時に一番エネルギーが低い (=安定) か答えよ. ただし酸素分子における  $O=O$  二重結合の強さは  $497 \text{ kJ/mol}$ , オゾンにおける  $O=O$  1.5 重結合の強さは  $302 \text{ kJ/mol}$ , 鎖状構造における  $O-O$  単結合の強さは  $146 \text{ kJ/mol}$  とする. (10 点)

9. 講義でやったように, 正八面体構造をとる  $SF_6$  分子において, 一つの直線状の  $F-S-F$  結合は「3 中心 4 電子結合」として理解できる. この  $SF_6$  の 3 中心 4 電子結合について, 以下の問いに答えよ. (計 11 点)

(1) 一つの  $S-F$  結合あたりの結合の次数を答えよ. (3 点)

※ $F-S-F$  あたりの強さではなく, その半分である  $S-F$  あたりの強さを答える事!

(2) 直線状の  $F-S-F$  結合の部分に電子を 1 つ加えると, 結合の強さはどうなるか? そのようになる理由も簡単に答えよ. (4 点)

(3) 逆に直線状の  $F-S-F$  結合から電子を一つ引き抜くと, 結合の強さはどうなるか? そのようになる理由も簡単に答えよ. (4 点)